

法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

# KINECTと歯科パノラマX線撮影装置を用いたデンタルフュージョン画像の生成

著者	川合 晃平
出版者	法政大学大学院理工学研究科
雑誌名	法政大学大学院紀要．理工学・工学研究科編
巻	59
ページ	1-5
発行年	2018-03-31
URL	<a href="http://doi.org/10.15002/00021586">http://doi.org/10.15002/00021586</a>

# KINECT と歯科パノラマ X 線撮影装置を用いた デンタルフュージョン画像の生成

DENTAL IMAGE FUSION WITH A KINECT AND A PANORAMIC X-RAY SYSTEM

川合晃平

Kohei KAWAI

指導教員 尾川浩一

法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻修士課程

The purpose of this study was to develop a new method to make a fusion image combined with a patient's face image and three dimensional teeth and jaw-bone image reconstructed with panoramic x-ray image. To make a face image, we used a KINECT sensor that was attached to the arm of the dental panoramic x-ray system. In order to expand the light path between the face and the depth sensor of KINECT, we used mirror which was attached inside the dental panoramic x-ray system. The x-ray tube and detector were located opposite to each other inside the arm, and the arm rotated around the patient's head. We used depth data measured by the KINECT sensor to make a three dimensional face image of the patient. The three dimensional teeth and jaw-bone image at the standard dental arch was made with the tomosynthesis technique. The location of the standard dental arch was measured in advance with the dedicated phantom. The registration of two images was conducted with tungsten rubber markers. The experiments with a volunteer showed that the reconstructed fusion image was acceptable for clinical use. The results of experiment showed that our proposed system could make a fusion image of a patient with a low cost.

**Key Words** : KINECT, X-ray image, fusion, tomosynthesis

## 1. はじめに

歯科診断において患者の顎骨を画像化する方法として歯科用パノラマ X 線撮影装置と歯科用 X 線 CT 装置が用いられている。歯科用 X 線 CT 装置, 歯科パノラマ X 線撮影装置には検出器と X 線管が付いており, 患者の頭部を回転しながら撮影する。歯科 X 線 CT 装置では顎骨の 3 次元 CT 画像を生成できる。歯科用パノラマ X 線撮影装置では患者の顎骨のパノラマ X 線画像をトモシンセシスの技術を用いて生成できる。さらに本研究で使用した歯科用パノラマ X 線撮影装置はパノラマ X 線画像を歯列中心部の曲面にマッピングすることで顎骨の 3 次元画像を生成することができる。この様にして作った 3 次元顎骨画像を, 3D スキャナを用いて作った 3 次元顔表面画像とフュージョンできれば診断画像の適用範囲が広がると考えられる。

現在, 顎骨と顔表面の 3 次元画像を同時に取得し, フュージョン画像を生成できる特殊な歯科用 X 線 CT 装置は存在するが, 高価で, 装置が大型であるという問題がある。そこで安価でコンパクトな KINECT を顔画像取得のためのセンサとして図 1 のような既存の歯科用パノラマ X 線装置に取り付け, 顔表面と顎骨のデータを同時に収集し, フュージョン画像を生成できるようなシステムを考案した。

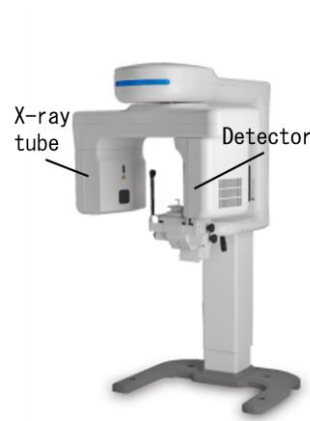


図 1 歯科パノラマ X 線撮影装置

## 2. 提案手法

### (1) KINECT

3 次元顔表面画像を生成するために図 2 に示す KINECT を使用した。KINECT には赤外線カメラと赤外線プロジェクターによる Depth カメラが付いており, 物体までの距離を測定することができる。また RGB カメラ

も付いているため Depth データとそれに対応する RGB データをくみあわせることによって 3 次元画像を生成できる。

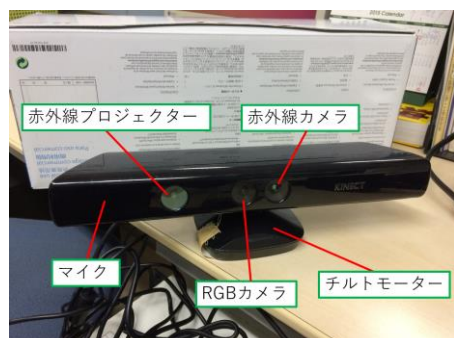


図 2 KINECT

## (2) 3 次元顔表面画像の生成

3 次元顔表面画像を生成するために、KINECT を歯科パノラマ X 線撮影装置にとりつけデータの取得を行った。このとき Depth データは 400mm 以上でないと測定できないので、鏡を使用して光路長を伸ばした。KINECT と鏡の配置は図 3 に示す。



図 3 ジオメトリ

データ収集は KINECT が測定する物体の周りを回転しながら行った。このとき歯科パノラマ X 線撮影装置の軌道は回転軸が移動しながら正円の回転をする。この動きを補正するため人物の撮影を行う前に図 4 に示すような棒ファントムを回転中心に置き、その軸座標も取得した。

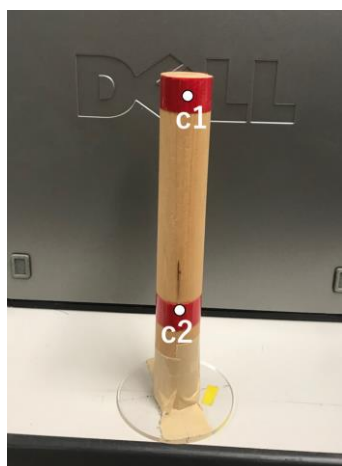


図 4 棒ファントム

取得した Depth データは回転軸座標を中心に回転角度ごとに 3 次元実空間座標に変換した。そして変換後の座標を  $500 \times 500 \times 500$  のボクセルに入れた。このとき配列の中で重なる部分が出てくるので、重なった座標をカウントし、閾値を決め、二値化した。このようにして得られたボクセル画像のスライス画像をさらに滑らかにするために Dilation を 6 回、Thinning を 2 回、Pruning を 1 回、さらに Dilation を 3 回行った。このようにして生成された顔画像を構成するボクセル群に対し RGB データをマッピングして 3 次元顔表面画像を生成した。一連のボクセル処理の流れを図 5 に示す。

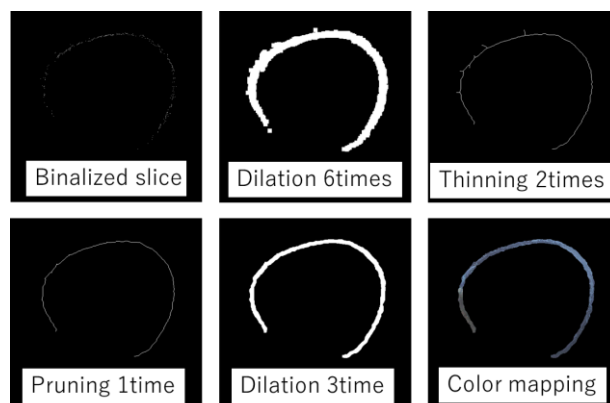


図 5 ボクセル処理

## (3) 2 次元顎骨画像の生成

顎骨の 3 次元画像を生成するために歯科パノラマ X 線撮影装置でデータ収集を行った。任意の断層面を画像化するトモシンセシス法を用いて得られた複数のフレームデータから歯科パノラマ画像の再構成を行った。具体的には得られた X 線データを歯列基準断層面に焦点が合うようにあるシフト量分だけシフトして重ねるという操作を繰り返すことによって再構成できる。このとき生成した 2 次元歯科パノラマ X 線画像を図 6 に示す。歯列基準断層面より内側や外側に焦点を当てたい場合はシフト量を変えることで実現できる。図 7 に示すグラフはフレームごとのシフト量を表しており、真ん中のグラフは基準断層面を再構成するためのシフト量である。このグラフを上動かすと基準断層面より外側の面を再構成でき、グラフを下動かすと基準断層面より内側の面を再構成できる。

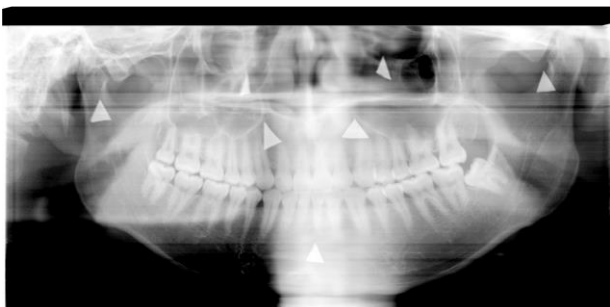


図 6 歯科パノラマ X 線画像

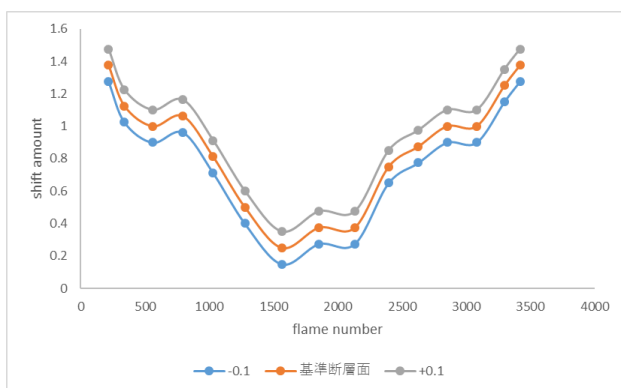


図 7 歯科パノラマ画像生成のためのシフト量

シフト量を変えて再構成した歯科パノラマ画像を断層面の 3 次元位置に貼り合わせて表示したものを図 8 に示す。左の画像はシフト量を基準断層面より上に上げて再構成したもの、中央の画像は基準断層面、右の画像はシフト量を基準断層面より下に下げたものである。

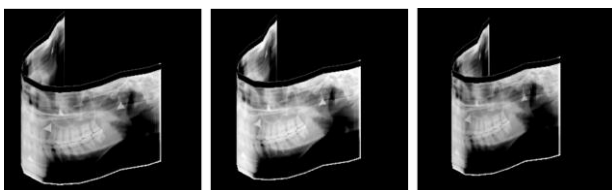


図 8 3 次元上の再構成断層面

このように焦点を変えて再構成した断層面を長方形のメッシュで区切り、各断層面の対応するメッシュを比較し、最も高周波である面を選択する。その面を 3 次元空間上に張り付けていくことによって図 9 に示すような実際の顎骨に近い 3 次元画像を疑似的に生成することができる。このような画像を 2.5 次元顎骨画像と呼ぶ。

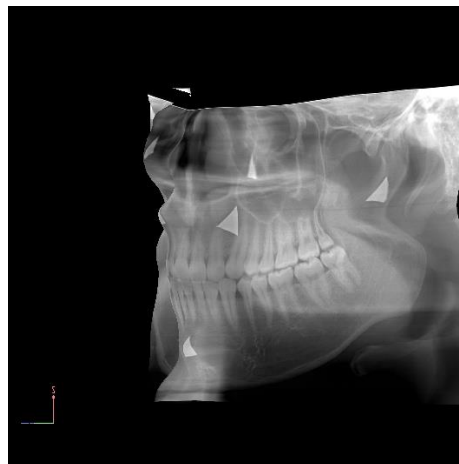


図 9 2.5 次元顎骨画像

#### (4) フュージョン画像生成

3 次元顔表面画像と 2.5 次元顎骨画像のフュージョン画像の生成を行った。被験者の顔にはあらかじめタングステンマーカーを貼りデータの取得を行ったため、顔表面には青いマーカーが、歯科パノラマ画像には三角のマーカーが写っている。このマーカーを利用して 2 つの画像の位置合わせを行った。まず、各マーカーの 3 次元空間上での重心位置を求めた。そして対応するマーカー間の距離の和と分散の和の合計が最も小さくなる位置を、緩和法を用いて求め、顎骨に対する顔表面の位置を求めた。顔の位置を求めるために、x 方向に 0.5mm, y 方向に 0.5mm, z 方向に 0.5mm,  $g_p$  を中心として 0.5 度の 4 方向に動かした。そのときの顔画像と顎骨画像、各マーカーの位置を図 10 のように表し、そのときのマーカー間の距離を式 (1) で求めた。

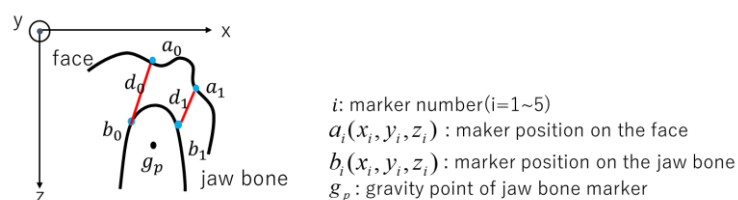


図 10 マーカー間の位置関係

さらにマーカー間距離の和と標準偏差を求めた。そして式 (3) のようにそれら 2 つの和を求め、式 (4) のように 4 方向の値の最小値を求めた。この処理を求めた最小値が最も小さくなる位置まで繰り返していく。その結果、顔画像と顎骨画像の正しい位置合わせを行うことができる。

$$d_i = \sqrt{\sum_{x_i, y_i, z_i} (a_i(x_i, y_i, z_i) - b_i(x_i, y_i, z_i))^2} \quad (1)$$

$$\mu = \frac{1}{5} \sum_i^5 d_i \quad (2)$$

$$c(x, y, z, \theta) = \sum_i^5 d_i + \frac{1}{5} \sum_i^5 (d_i - \mu)^2 \quad (3)$$

$$\arg \min c(x, y, z, \theta) \quad (4)$$

### 3. 結果

KINECT によって得られたデータから生成された 3 次元顔表面画像を図 11 に示す. 図 11 の①は正面から, ②は下から, ③④は左右からの視点での 3 次元画像である.

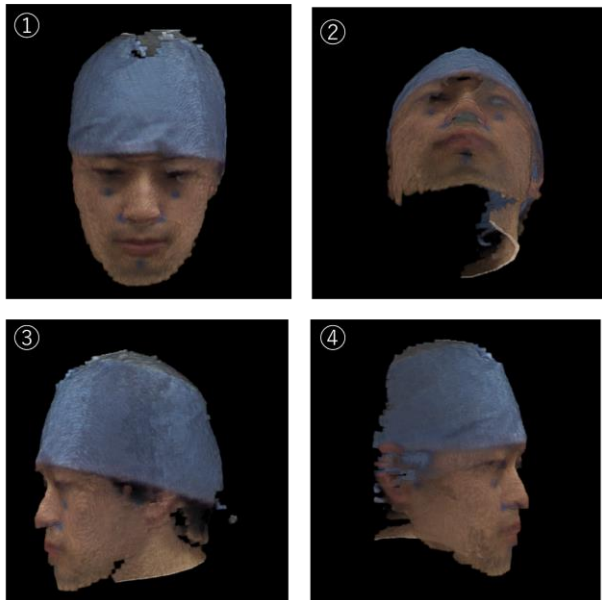


図 11 3 次元顔表面画像

位置合わせによって得られたフュージョン画像を図 12 に示す. 図 12 の①は正面から, ②は下から, ③④は左右からの視点でのフュージョン画像である.

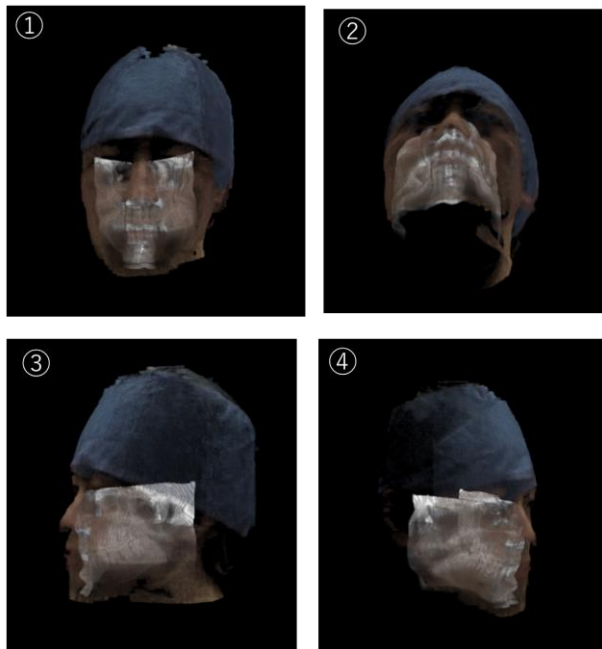


図 12 フュージョン画像

### 4. 考察

#### (1) 3 次元顔表面画像

3 次元顔表面画像は青いマーカ一部分を含めて見た目はうまく再構成できていると思われる.

3 次元画像が実物どおりに再構成できているのかを検討した. 実際に被験者の耳と耳, 目と目の間隔を測定し, 3 次元画像のボクセル上の長さを比較した. 実際の耳と耳の間の距離は 170mm であり, ボクセル上で求めた距離は 340. 9692pixel であった. このときボクセルサイズは 0.5mm/pixel であるのでボクセル上で求めた距離は 170. 48mm である. また, 実際の目と目の間の距離は 60mm であり, ボクセル上で求めた距離は 126. 732pixel である. ボクセル上の距離を実際の距離に直すと 63. 37mm である. 誤差は 3mm 程度であり, 再構成は正確に行えていると思われる.

#### (2) フュージョン画像

タングステンマーカを用いて 2.5 次元顎骨画像と 3 次元顔表面画像のフュージョン画像を生成することができた. フュージョン後の各マーカ間距離を測定してみると図 13 のようになった. 現段階では皮膚表面と骨との間隔の実測値を求めることができないため位置関係が正確であるか評価することはできないが理想的には各マーカ間距離は同じになると思われる. しかし結果はそうならなかった. これは 2.5 次元顎骨画像の形がまだ正確ではないことが原因であると考えられる. よって顎骨と顔表面の位置関係をより正確にするためには 2.5 次元顎骨画像生成の改善が必要であると考えられる. また被験者の CT 画像があればフュージョン画像の精度をより正しく評価できると考えられる.

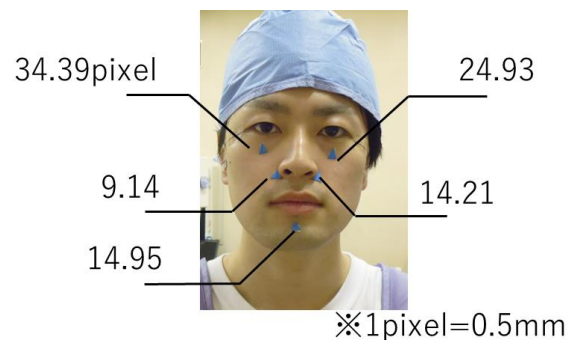


図 13 マーカ間距離

### 5. 結論

3 次元顔表面画像の再構成に関してはうまくいったと思われるが, フュージョン画像に関しては顎骨の形が正確でないため改善する必要がある.

謝辞: 本研究において, 全般にご指導いただきました尾川浩一教授, 実験や研究に関し, 実機での実験に協力していただきました朝日大学勝又明敏氏, データ取得の際に実験に協力していただいた牧眞之氏, 様々な面でお世話になりました尾川研究室の方々に感謝いたします.

### 参考文献

- 1) K. Ogawa, R. P. Langlais, W. D. McDavid, et.al.  
“Development of a new dental panoramic radiographic system based on a tomosynthesis method”,  
Dentomaxillofacial Radiology (2010) 39, 47-53
- 2) 中村薫, 斎藤俊太, 宮城英人. KINECT for Windows SDK  
プログラミング C++ 編. 秀和システム, 2012, 328p
- 3) “Introducing the 3Shape X1?. The new age CBCT scanner”.  
3shape.  
<http://www.3shape.com/new+products/x1/cbct+scanners>, (参照 2016-05-02)
- 4) “GALILEOS ComfortPLUS. The 3D unit recommended by dentists. For the highest demands.” Sirona ? The Dental Company.  
<http://www.sirona.com/en/products/imaging-systems/galileos/>, (参照 2016-05-02)
- 5) K. Kawai, K. Ogawa. “Image fusion of a dental CT image with a face image”, 医学物理, vol.36, Sup.1, p.129(2016)